

### 3 デジタル動画像を用いた移動体の流動計測および識別に関する研究

#### A Research on Measurement and Identify of Moving Object Flow Using Digital Video Camera

西田義人<sup>1</sup>・北川悦司<sup>2</sup>・田中成典<sup>3</sup>・古田均<sup>3</sup>・山名年浩<sup>4</sup>

Nishita Yoshito, Kitagawa Etsuji, Tanaka Shigenori, Furuta Hitoshi and Yamana Toshihiro

**抄録:** 道路の整備計画は、現状の交通量を把握・分析し、将来の交通量を予測した上で策定する。交通量の計測方法としては、調査員がカウンタを片手に目視で計測していたが、長時間の作業による計測ミスや膨大な人件費が発生するという課題がある。近年、情報技術の発達に伴い、デジタルビデオカメラを用いて自動的に流動情報を計測する研究が行われている。しかし、既研究では、計測対象以外の移動体が存在する状況では、正確に流動情報を計測できないといった問題がある。そのため、流動情報の計測の自動化は未だ実現されていない。

そこで、本研究では、移動体に対して方向ベクトルを算出し、方向ベクトルの角度と大きさを基に全ての移動体を識別する。そして、識別結果を基に人物の流動情報を正確に計測するシステムを開発する。

**Abstract:** It is necessary for settling on the maintenance plan of a road to predict a traffic volume in the future by analyzing and grasping the current traffic volume. Until now, investigators manually measure the traffic volume with the counter. Recently, with a development of information technology, there are researches that can automatically be measured using the digital video camera. However, the existing researches have a problem that they can't correctly measure the flow of moving object in case another objects exists. Therefore, automatic measurement of the flow of moving object is not realized.

In this research, a direction vector of moving object is calculated. Moving object is identified based on angle and size of direction vector. And, we developed the system that could correctly measure the flow of people based on the result of identify of moving object.

**キーワード:** 道路交通センサス, デジタルビデオカメラ, 流動情報, 方向ベクトル, 移動体識別  
**Keywords** : Road traffic census, Digital video camera, Flow of object, Direction vector, Identify of moving object

#### 1. はじめに

道路の整備計画は、地域環境や地域交通の現状を把握・分析し、将来の交通量を予測した上で策定する。そして、現状の交通量を把握するために、道路交通センサスが定期的実施されている。道路交通センサスでは、全国の道路と道路交通の実態を把握する調査であり、平日及び休日における歩行者、自転車、自動車の交通量を1時間毎に調査している。これらの情報は、道路計画・管理に活用し、各種の道路政策を策定する上での基礎資料となる。しかし、現在の交通量調査は、調査員がカウンタを片手に目視で計測する方法が採用されているため、長時間の作業による計測ミス<sup>1)</sup>や膨大な人件費が発生するという問題点がある。そのため、デジタルビデオカメラで撮影した映像を基に画像処理技術を用いて交通の流動情報を自動計測する研究<sup>2) 6)</sup>が行われている。しかし、既研究<sup>2) 3)</sup>では、車両の通

過台数を計測することができるが、人物の通過人数を計測することができない。一方、既研究<sup>4)</sup>では、人物の通過人数を計測しているが、人と人が重なり合うような混雑時において正確に計測できないといった問題がある。その問題を解決するため、既研究<sup>5) 6)</sup>では、上空から鉛直下向きにカメラを設置して計測する方法を採用しているが、カメラの設置場所が限定されるという問題がある。そのため、撮影場所を限定することなく、混雑時においても正確に人物の流動情報を計測する手法の確立が切望されている。

そこで、筆者らは、既研究<sup>7)</sup>において撮影場所を限定することなく、人と人が重なり合うような混雑時において通過人数を計測可能なシステムを開発した。しかし、既研究<sup>7)</sup>では、移動体を全て人物として処理しているため、荷物などの人物以外の移動体が存在するような状況では、正確に流動情報を計測することができない。そのため、人物以外の移動体が存在するよう

1 : 学生会員 情修 関西大学大学院 総合情報学研究科

(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺 2-1-1, Tel :072-690-2404, E-mail : nishita@kansai-labo.co.jp)

2 : 正会員 情博 阪南大学 准教授 経営情報学部

(〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33, Tel :072-332-1224)

3 : 正会員 工博 関西大学 教授 総合情報学部

4 : 非会員 経博 関西大学 教授 総合情報学部

な状況においても正確に人物の流動情報を計測可能な手法の確立が切望されている。そこで、本研究では、2台のデジタルビデオカメラを用いて、移動体の3次元情報を算出する。そして、移動体に対して方向ベクトルを算出し、方向ベクトルの角度から移動体を識別する手法を提案する。さらに、識別結果を基に正確に人物の流動情報を計測するシステムを開発することを目指す。

## 2. システムの概要

本研究では、2台のデジタルビデオカメラによって撮影した映像を用いて、画像内の移動体領域の3次元情報を算出する。また、移動体領域に対して方向ベクトルを算出する。そして、3次元情報と方向ベクトルを用いて移動体を大人、子供とその他の移動体に分類した上で移動方向別の通過人数を自動計測するシステムを開発する。

### (1) 入力データ

本システムでは、計測動画、背景画像、カメラパラメータ、垂直ベクトル、計測エリア、設定パラメータの6つを入力データとする。計測動画は、2台のデジタルビデオカメラで撮影した映像とする。本研究では、3次元情報を算出する場合にのみ2つの計測動画を使用する。背景画像は、移動体領域を抽出する場合に使用する。そのため、背景画像としては、1つの計測動画の移動体が写っていないフレーム画像とする。カメラパラメータは、使用するカメラの縦横の画素数、焦点距離と CCD 素子間隔を入力する。垂直ベクトルは、移動体を識別するため、撮影面に対して上向きに垂直な直線を指定する。計測エリアは、図 - 1 に示すように背景画像に対して通過人数を計測するための領域を指定する。

本システムでは、撮影距離や日照条件などの撮影状況や移動体の移動速度により計測精度が低下する可能性がある。そのため、撮影状況に応じて表 - 1 に示すような設定パラメータの値を設定する。



図 - 1 計測エリア

表 - 1 設定パラメータ

パラメータ名	内容	初期値
	移動体領域の抽出に用いる閾値の重み付けの値	1.0
W	移動体領域の抽出におけるノイズ除去の横幅	11 (Pixel)
H	移動体領域の抽出におけるノイズ除去の縦幅	11 (Pixel)
F	処理フレーム間隔	4 (フレーム)

### (2) システムの詳細

本システム(図 - 2)は、1) 計測動画と背景画像から移動体を抽出する移動体領域抽出機能、2) 抽出した移動体領域の3次元情報を用いて移動体領域を分離する移動体領域分離機能、3) 移動体の追跡結果を用いて画面上を通過した移動体の流動情報を計測する流動情報計測機能、4) 移動体に対する方向ベクトルを用いて移動体を識別する移動体識別機能、といった4つの機能で構成される。

### 3. 移動体領域抽出機能

本機能では、入力情報である計測動画からフレーム画像を取得し、移動体領域を抽出する。取得したフレーム画像と背景画像を用いて背景差分を行い、差分結果を2値化して移動体領域を抽出する。2値化に用いる閾値の算出方法として「大津の方法」<sup>8)</sup>が良く知られているが、この方法は、画像中の物体認識を想定している。しかし、差分画像では輝度値が0となる画素が多いためこの方法を適用すると不適切な判別を行う。例えば、移動体が存在しない場合、全画素が背景であるが、この方法では、適当な閾値を算出するためノイズが多く残る。そこで、本研究では、差分画像の平均値を基に閾値を算出する。しかし、抽出結果にノイズがあるため、平均値による閾値を調整するために分散値を使

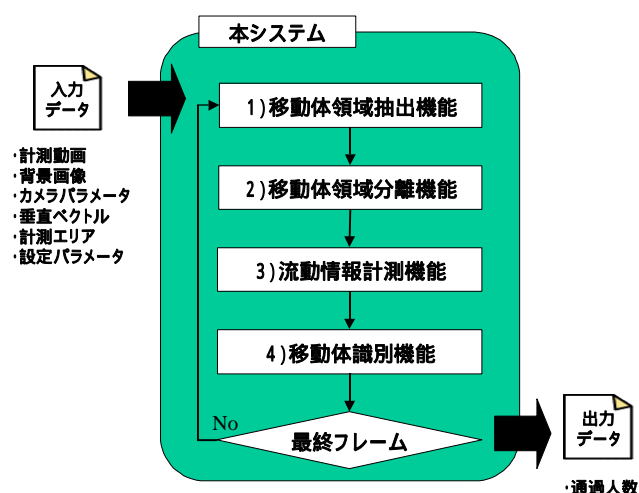


図 - 2 システムの構成

用する．2 値化に用いる閾値の算出方法を式( 1 )に示す．

$$\begin{aligned} \bar{g} &= \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N g(x_i) \right) \\ \delta &= \sqrt{\frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N (g(x_i) - \bar{g})^2 \right)} \\ Th &= \bar{g} + \alpha \delta \end{aligned} \quad (1)$$

なお， $x_i$  は各画素の座標， $N$  は入力画素の総画素数， $g(x)$  は各画素の差分結果の画素値を表す．また， $\bar{g}$  は， $g(x)$  の平均値， $\delta$  は， $g(x)$  の分散値を表し， $Th$  は，2 値化に用いる閾値を表す．また， $\alpha$  は，重み付けのための定数を表す．

本機能における移動体領域の抽出結果を図 - 3 に示す．背景差分によって抽出した画像には，細かなノイズが存在する．そこで，縦数画素と横数画素の領域に含まれる黒色の画素数と白色の画素数を比較し，画素数が多い色をその領域の色とすることで，細かなノイズの除去を行う．なお，領域の縦横の画素数はカメラと被写体との距離に応じて決定し，被写体との距離が大きいほど，縦横の画素数を大きくし，被写体との距離が小さいほど，縦横の画素数を小さくする．

#### 4 . 移動体領域分離機能

抽出した移動体領域は，混雑時において複数の移動体が重なり合って抽出される．そのため，それらの重なり合う領域を分離する必要がある．しかし，2 次元画像のみから重なり合う領域を分離することは困難である．そこで，本機能では，移動体領域に対して 3 次元情報（奥行き情報）を計測し，その情報を基に重なり合う領域を個々の領域に分離する．

##### ( 1 ) ステレオ計測法による 3 次元計測

移動体領域に 3 次元情報を付加するため，2 台のデジタルビデオカメラでステレオ撮影を行い，3 次元計

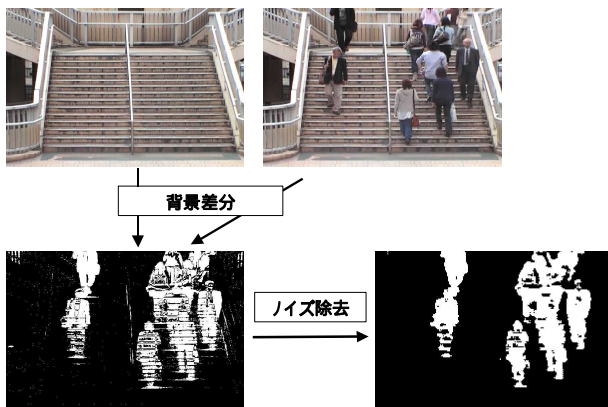


図 - 3 移動体領域の抽出結果

測を行う．3 次元計測を行うためには，左右の画像の同一点である対応点<sup>9) 10)</sup>が必要である．そこで，本研究では，フレーム間差分画像を用いて移動体領域に対して対応点を自動算出する．対応点の算出方法としては，既研究<sup>7)</sup>と同様にフレーム間差分画像からヒストグラムを作成し，移動体領域の対応点を算出する方法を利用する．そして，算出した対応点を基に 3 次元計測を行う．3 次元計測では，既研究<sup>11)</sup>において確立されている技術を利用する．さらに，算出した 3 次元情報から奥行き情報に外挿処理を加えて距離画像を生成する．生成した距離画像を図 - 4 に示す．生成した距離画像は，奥行き情報が小さいほど，明るい色となるようにした．

##### ( 2 ) クラスタ分析による移動体の分離・統合

算出した 3 次元情報を用いて重なり合った移動体領域を個々の領域に分離する．移動体領域の分離方法としては，次のような流れで移動体領域を分離する．

- ・ 色情報による移動体領域の分離
- ・ 3 次元情報による移動体領域のグループ化

色情報による移動体領域の分離では，移動体領域にラベリング処理<sup>12)</sup>を行うことで分離する．色情報による移動体領域の分離結果を図 - 5 に示す．

図 - 5 に示すように，色情報のみでラベリング処理を行った場合，移動体毎に領域を分離できておらず，



図 - 4 距離画像

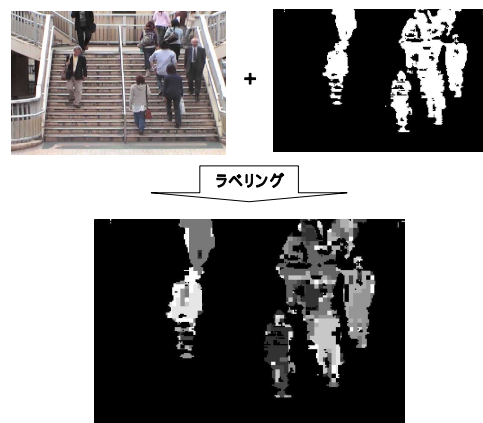


図 - 5 色情報による移動体領域の分離結果

1つの領域に対して、複数のラベルが付加されている。そこで、色情報で行ったラベリング処理に対してクラスター分析<sup>13)</sup>を行い、グループ化を行う。クラスター分析による移動体領域の分離結果を図-6に示す。クラスター分析では、オブジェクト間の非類似度や距離を定義してグループ化を行う。本研究では、算出した移動体領域の3次元情報から各ラベル間のユークリッド平方距離を算出する。また、クラスター分析には、最短距離法、群平均法やウォード法などの分類手法が存在するが、手法によっては、分類感度が低く鎖状の領域を形成することがある。一方、ウォード法<sup>13)</sup>は、これらの手法の中でも分類感度が高く明確な領域を形成することで知られている。そのため、本研究では、ウォード法を利用して各クラスターの結合を評価する。

## 5. 流動情報計測機能

移動体領域分離機能によって重なり合う移動体を個々の移動体に分離した。しかし、本研究の移動体領域は、フレーム間において、分離・結合を繰り返す。そのため、1フレームのみで移動体の数を特定することは困難である。そこで、本研究での流動情報の計測方法としては、次のような流れで流動情報を計測する。

- ・ 面積ラップ率による移動体領域の追跡
- ・ 時系列データによる移動体の数の推定
- ・ 面積占有率による移動体の移動方向の推定

### (1) 面積ラップ率による移動体領域の追跡

本研究によって抽出される移動体領域は、フレーム間によって分離・統合を繰り返す。人数を判別する際、人物毎の移動体領域は断片的に分離され、フレーム間で形状が異なる。そのため、通常の移動体領域の追跡に使用されるテンプレートマッチング<sup>14)</sup>が利用できない。また、オプティカルフローを算出することにより移動体領域を追跡する手法<sup>15)</sup>もあるが、移動体が重なり合うことで算出結果に大きな乱れを生じるため、不適切である。本研究の移動体は、フレーム間においてほぼ同様の移動体領域が抽出されるため、同一の移動体領域の大部分が重なり合う。

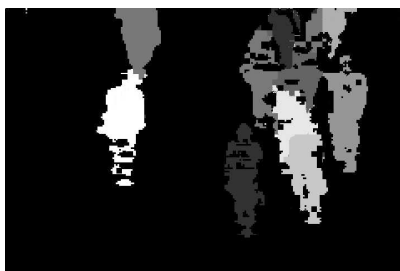


図-6 移動体の分離結果

そこで、本研究では、各移動体領域のフレーム間での面積ラップ率を求め、そのラップ率の数フレーム間の変遷から移動体領域を追跡する。具体的には、フレーム間の移動体領域を重ね合わせ、1つ前のフレームの移動体領域に対して現在のフレームの移動体領域がどの程度ラップしているかを計算する。そして、面積ラップ率を51%以上、50%-20%と20%未満の3つに分けて判定処理を行う。51%以上の場合、他にラップする領域が存在した場合でもラップ率は50%未満となるため、「同一領域」とする。20%未満の場合、ノイズもしくは別の領域であると考えられるため、「別の領域」と判断する。20%-50%の場合、別の領域が同一領域か判断するため、他にラップする領域が存在しない場合は、「同一領域」とする。他にラップする領域が存在する場合は、面積ラップ率が最も大きい領域を「同一領域」とし、それ以外の領域を「別の領域」とする。面積ラップ率による移動体領域の追跡の例を図-7に示す。

### (2) 時系列データによる移動体の数の推定

長時間の追跡結果から移動体の数を判断する場合、分離・統合を繰り返す移動体領域を複数人なのか単数人なのかを判断する必要がある。そこで本研究では、分離・統合を繰り返す数フレーム間の追跡結果から移動体の数を判断するアルゴリズムを考案した。本アルゴリズムでは、追跡を開始したフレームから追跡できなくなったフレームまでの移動体の数を比較して数が多い方の状態を対象領域における移動体の数とする。ただし、状態の数が同じになった場合、移動体の数が多い方の状態をその領域の移動体の数とする。具体的には、図-8の左側のように、追跡した6フレームにおいて2つの領域が5フレーム、1つの領域が1フレームであるため、この領域の移動体の数を2つと計上する。また、図-8の中央のように、2つの領域が2フレーム、1つの領域が4フレームであるため、この領域の移動体の数を1つと計上する。

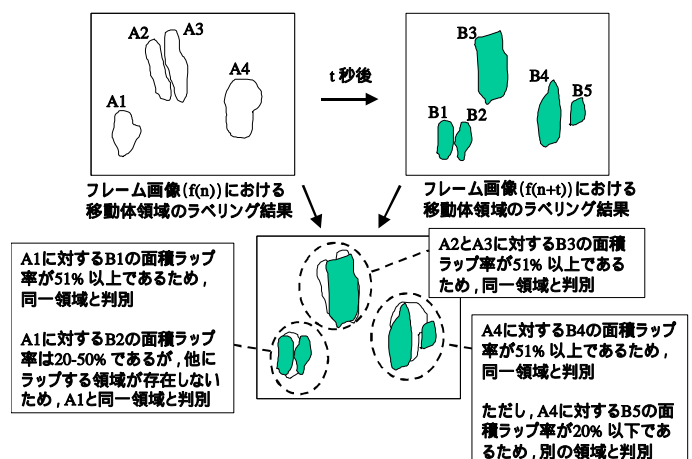


図-7 面積ラップ率による移動体領域の追跡

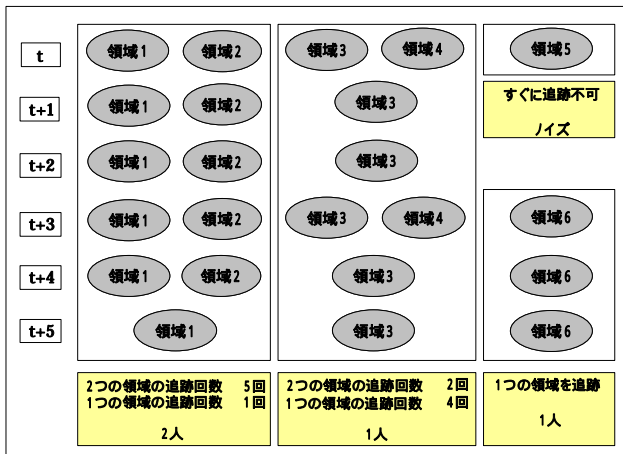


図 - 8 フレーム間における移動体の数の推定例

### (3) 面積占有率による移動方向の推定

面積ラップ率による移動体領域の追跡によって画像内の移動体を追跡できるようになった。次に、追跡している移動体の移動方向を推定する。通常、多く用いられる手法は計測ラインという線を画像内に指定し、そのラインの通過判定によって計測する。しかし、本研究で得られる移動体領域は、フレーム間において分離・統合を繰り返す。特に複数の移動体を1つの移動体として統合する場合があるため、計測ラインによる通過判定では、個々の移動体を厳密に判断することは困難である。そこで、本研究では、図 - 1 に示したように、計測エリアを画像内に指定し、そのエリアの面積占有率の変化から移動体の移動方向を推定する。具体的には、図 - 9 に示すように、計測エリアを3等分し、上エリア、中エリアと下エリアに区分する。そして、この3つのエリアにおいて移動体領域の面積占有率の変化を調べることで移動体がどのような経路をたどっているのか判断する。下りと上り方向へ通過した移動体のうちの1つの移動体領域に対する上エリア、中エリア、下エリアの面積占有率の変化を図 - 10、図 - 11 に示す。下りの移動体の例(図 - 10)では、抽出した1つの移動体領域において領域の全ての面積を上エリアが占めているが、下に進むにつれ徐々に減少し、途中で中エリアを通過している。そして、下エリアの



図 - 9 エリア区分

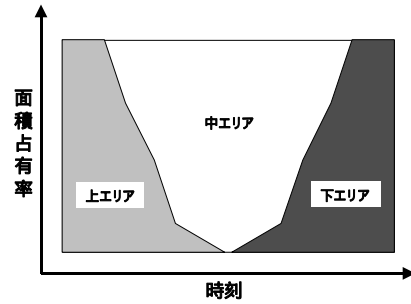


図 - 10 下り方向に進む物体の面積占有率

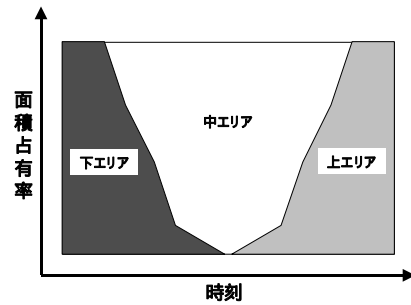


図 - 11 上り方向に進む物体の面積占有率

面積が増加し全てを占めるようになる。このような変化を基に移動体毎の上り下りの移動方向を判定する。

## 6. 移動体識別機能

本研究において人物の流動情報を計測する場合、撮影した映像の中には、人物以外の移動体が存在することがある。そのため、移動体領域を人物かどうか判定する必要がある。そこで、本機能では、移動体領域が指定した領域内に存在する場合に移動体が人物かどうか判定する。本システムの検証において、本機能の処理領域を指定した計測エリアの下エリアとした。その理由として、下エリアに存在する移動体領域が最もカメラに近い位置になるため、前後の重なりにより移動体領域の一部が隠れるのを防ぐためである。また、本研究では、階段面に対する通過人数を計測することを目的としている。このような状況において人物はほぼ直立に近い姿勢で移動すると考えられる。そこで、本研究では、抽出された移動体領域の方向ベクトルを基に判定する。本機能(図 - 12)では、まず、1) 移動体領域に対してエッジ検出を行い、移動体領域の境界を検出する。次に、2) 検出したエッジの座標を基に移動体の方向ベクトルを算出する。そして、3) 算出した方向ベクトルと画像上に指定した垂直ベクトルから移動体が人物かどうか判定する。最後に、4) 人物と判定された移動体に対して方向ベクトルの実際の長さを推定して移動体を大人と子供に分類する。

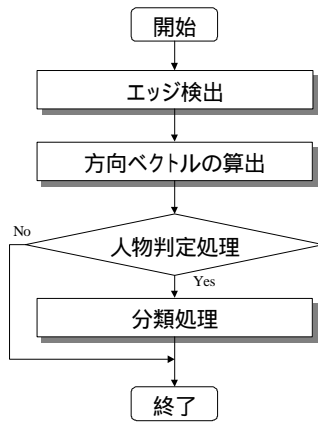


図 - 12 移動体の分類の流れ

### (1) エッジ検出

本処理では、移動体領域の抽出画像に対してエッジ検出を行い、移動体領域の境界を検出する。本処理では、縦横の方向毎に評価することなくエッジを検出可能なラプラシアンフィルタ<sup>16)</sup>を用いてエッジ検出を行う。エッジの検出結果を図 - 13 に示す。

### (2) 方向ベクトルの算出

検出した移動体領域のエッジの座標に対して最小二乗法<sup>17)</sup>を用いて移動体の方向ベクトルを算出する。本機能で使用する近似直線を算出するための最小二乗法の式を式(2)に示す。

$$\begin{pmatrix} N & \sum x_n \\ \sum x_n & \sum x_n^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_n \\ \sum x_n y_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

なお、 $N$  は、検出したエッジの画素数、 $(x_n, y_n)$  は、検出したエッジの座標、 $(c_0, c_1)$  は、算出する方向ベクトルの傾きと切片を表す。式(2)の連立一次方程式を解くことにより、算出する方向ベクトルの近似直線を求める。また、算出する方向ベクトルは画像の左下を原点と考え、撮影面から上向きベクトルとなるようにした。本機能で算出した移動体領域の方向ベクトルを図 - 14 に示す。

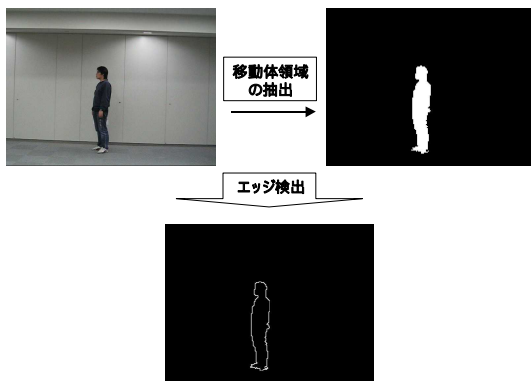


図 - 13 エッジ検出結果

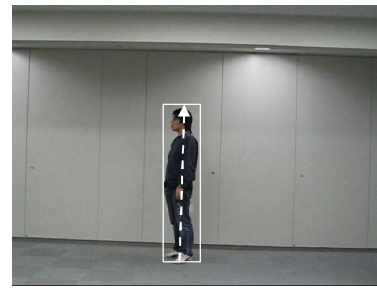


図 - 14 方向ベクトルの算出結果

### (3) 人物判定処理

本処理では、最小二乗法で算出した方向ベクトルを基に移動体領域を分類する。まず、方向ベクトルと画像上に指定した垂直ベクトルとのなす角を求める。そして、求めた角度が閾値以下の場合、移動体領域を人物とし、閾値以上の場合、人物以外と判定する。本処理で指定する垂直ベクトルは常に撮影面に対して垂直に指定する。本処理で算出する方向ベクトルと垂直ベクトルのなす角を図 - 15 に示す。

### (4) 分類処理

人物判定処理によって、人物と判定された移動体領域に対して方向ベクトルの大きさを算出して移動体領域を大人と子供に分類する。方向ベクトルの大きさは、方向ベクトルの画素数と3次元計測によって求めたカメラと移動体領域の距離から相対的な大きさを算出する。具体的には、人物と判定された移動体領域の方向ベクトルの始点と終点に最も近い対応点の3次元情報を用いて方向ベクトルの大きさを算出する。そのため、方向ベクトルによって算出される移動体領域の大きさの精度は、3次元計測の精度に依存する。3次元計測に関しては、既研究<sup>11)</sup>において最大2%以内の誤差に収めることができている。そして、大人と子供の判定には、文部科学省の学校保険統計調査結果<sup>18)</sup>を使用した。具体的には、身長が146cm以上の人物を大人とし、146cm未満の人物を子供とした。これは、小学6年生の平均身長を表す。

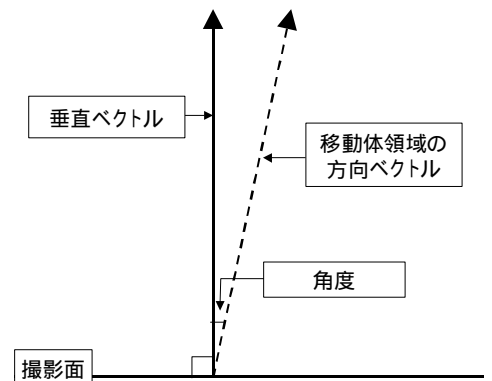


図 - 15 垂直ベクトルと方向ベクトルのなす角

## 7. 実証実験

本実証実験では、本研究で提案した手法の有効性を示すため、2つの実証実験を行った。1つ目は、方向ベクトルを用いた移動体の識別手法の有効性を示すため、人物や人物以外の移動体が存在するような静止画像を使用して移動体が人物かどうかを判定する実験を行った。2つ目は、画像中を通過した移動体を大人、子供とその他に分類して移動方向別の通過人数を計測する実験を行った。また、システムの設定パラメータには、表 - 1 に示した初期値を設定した。

### (1) 方向ベクトルによる移動体識別の検証

本実証実験では、本研究で考案した方向ベクトルによる人物判定処理の有効性を検証する。まず、人物の方向ベクトルを算出して垂直ベクトルとのなす角を算出した。算出結果としては、なす角に多少ばらつきがあるものの約 10 度以下に収まる結果となった。

次に、人物以外の移動体の方向ベクトルと垂直ベクトルのなす角を算出する。本研究では、駅構内や歩道を通過する人数を計測することを目的としている。そのため、そのような状況において存在する移動体としてスーツケース、自転車や自動車が考えられる。そこで、本実証実験では、人物、スーツケース、自転車と自動車に対してそれぞれ方向ベクトルを算出する。方向ベクトルの算出結果を図 - 16 に示す。

図 - 16 に示すように、人物に対して算出した方向ベクトルのなす角に比べて人物以外の移動体に対して算出した方向ベクトルのなす角の方が大きくなった。そのため、方向ベクトルを使用することにより、移動体を人物かどうか判別することができると思われる。

また、60 枚の画像を用いて移動体識別機能によって移動体が人物かどうか判定した結果と人が目視によって判定した結果を比較して正解率を求めた。なお、本実証実験では、移動体識別機能の有効性を検証するため、60 枚の画像は、図 - 16 に示すような移動体の重なりがない静止画像を使用する。そのため、移動体領域の分離を行う必要がなく、移動体領域を抽出するだけで移動

体の識別を行うことができる。さらに、本実証実験では、人物判定処理の閾値を 10 度として、なす角が 10 度以下の場合、移動体を人物と判定し、10 度以上の場合、人物以外の移動体と判定した。実験結果を表 - 2 に示す。

表 - 2 に示すように、人物とその他の正解率が共に約 87% 以上の正解率であった。そのため、本研究で提案した方向ベクトルによる移動体の識別手法が有効であると言える。

### (2) 通過人数計測の精度検証

本研究で提案した通過人数の計測手法と移動体の識別手法の有効性を示すため、図 - 17 に示すような混雑した状況において移動体を識別して人物の通過人数を計測できるかどうか実験を行った。撮影条件として、計測対象までの距離を約 6 m、2 台のデジタルビデオカメラとカメラを固定するための装置を用いてカメラ間の基線長を 50cm に設定し、階段面に対してステレオ撮影を行った。また、実測値の計測には、撮影した計測動画を用いて計測者が目視によって計測を行い、大人と子供に判定に関しては、計測者の主観に基づいて判定した。ただし、本実証実験に使用した計測動画は、階段に対して正面から撮影した映像を用いて撮影を行ったため、人物以外の移動体が存在しない結果となり、移動体を大人と子供に識別して通過人数を計測した。なお、本実証実験で使用した計測動画は約 6 分であり、CPU が Pentium 3.0GHz でメモリが 2GB のパソコンを使用し、解析時間は約 20 分であった。本実証実験の計測結果を表 - 3 に示す。

表 - 2 計測結果

	人物	その他
実測値	40 人	20
正解数	37 人	23
正解率	92.5%	86.9%

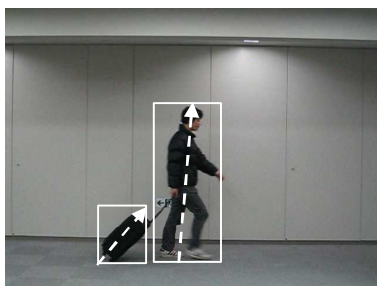


図 - 16 方向ベクトルの算出結果



図 - 17 計測画像

表 - 3 計測結果

		本システム	実測値	認識率
上り	大人	126 人	136 人	92.6%
	子供	25 人	31 人	80.6%
下り	大人	121 人	137 人	87.5%
	子供	22 人	27 人	81.4%

表 - 3 に示すように、大人の認識率が約 88%以上、子供の認識率が約 80%以上であった。そのため、本研究の提案手法が有効であると言える。ただし、「大人」の認識率に比べて「子供」の認識率が低い。その要因として、本研究では、「大人」と「子供」を方向ベクトルの大きさを基に分類している。そのため、背の高い子供を大人と分類したと考えられる。

## 8. おわりに

本研究では、画像内に侵入した移動体の特徴から移動体を識別して高精度に流動情報を計測可能なシステムを開発した。そして、実証実験より、移動体の識別においては、本システムの正解率が約 86%以上であり、本研究で提案した方向ベクトルによる移動体の識別手法の有効性を示すことができた。また、通過人数計測においても約 80%以上の認識率であり、ほぼ正確に通過人数を計測することができた。しかし、本実証実験に使用した計測動画では、子供の実測値が大人の実測値に比べて少なかったため、今後、子供の実測値の多い環境における実証実験を行う必要がある。また、実証実験でも述べたように「子供」の認識率が多少低い。そのため、今後の課題として、移動体の方向ベクトルの大きさ以外に大人と子供を分類する手法を考案し分類精度を向上する必要がある。

さらに、本研究の実験に用いた画像は、移動体の動きの方向が上下方向と明確に限定できる条件の基で得られたものである。そのため、スクランブル交差点のように、様々な方向が交わるような場所においても正確に計測できるようにすることが今後の課題である。

謝辞：本研究は、平成 18 年度関西大学重点領域研究助成金において、研究課題「時系列的なデジタル情報処理の応用に関する研究」として研究費を受けたものの成果として公表するものである。

## 参考文献

- 1) 鹿島茂, 曹圭錫, 山本隆, 石井康一郎: 人手による交通量調査の調査精度に関する研究, 交通工学, 交通工学研究会, Vol.33, No.6, pp.36-43, 1998.
- 2) 諏訪正樹, 相濱知禎, 光本大輔, 麻生川佳誠, 來海雅俊: 交通流計測のためのステレオビジョン, 画像ラボ, 日本工業出版, Vol.15, No.12, pp.47-51, 2004.
- 3) 内村圭一, 松島宏典: オクルージョンを考慮した交通流計測, 電気学会論文誌, 電気学会, Vol.122, No.12, pp.2120-2127, 2002.
- 4) Terada, K., Ando, T., Yamaguchi, J.: Counting Passers-by Using a Color Camera, Journal of Robotics and Mechatronics, Fuji Technology Press, Vol.11, No.2, pp.123-128, 1999.
- 5) 寺田賢治, 吉田大輔, 大恵俊一郎, 山口順一: ステレオカメラを用いた通行人数の自動カウント, 電気学会論文誌, 電気学会, Vol.120, No.1, pp.850-856, 2000.
- 6) 寺田賢治: ハフ変換を用いた混雑状況下の人数計測, 画像ラボ, 日本工業出版, Vol.14, No.4, pp.34-38, 2003.
- 7) 吉田博哉, 村木広和, 田中成典, 古田均, 西田義人, 藤巻重則: ステレオビデオカメラを用いた交通量算出に関する研究開発, 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.47, No.6, pp.1708-1716, 2006.
- 8) 大津展之: 判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法, 電子通信学会論文誌, 電子通信学会, Vol.63, No.4, pp.349-356, 1980.
- 9) 村木広和, 田中成典, 古田均, 北川悦司, 野田肇: デジカメ活用によるデジタル測量入門, 森北出版, 2000.
- 10) 解析写真測量委員会編: 解析写真測量(改訂版), 日本写真測量学会, 1997.
- 11) 村木広和, 田中成典, 古田均, 北川悦司, 野田肇: 写真測量技術を用いた 2D デジタル画像からの 3D モデル空間の創出に関する基礎研究, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.9, pp.67-74, 2000.
- 12) 酒井幸市: デジタル画像処理入門, CQ 出版, 2006.
- 13) Anderberg, M.R., 西田英郎: クラスタ分析とその応用, 内田老鶴圃, 1988.
- 14) 齊藤慎也, 佐治斉: テンプレートの可変分割と統合による人物の動作追跡, パターン認識・メディア理解研究会研究報告, 電子情報通信学会, Vol.104, No.290, pp.33-39, 2004.
- 15) 森田俊彦: 局所相関演算による動きの検知と追跡, 電子情報通信学会論文誌, 電子情報通信学会, Vol.84, No.2, pp.229-309, 2001.
- 16) 画像処理ハンドブック編集委員会: 画像処理ハンドブック, 昭晃堂, 1987.
- 17) 三井田惇郎, 須田宇宙, 城戸健一: 数値計算法, 森北出版, 2000.
- 18) 文部科学省: 学校保健統計調査 - 身長・体重・座高の平均値及び標準偏差, 国立印刷局, 2006.

(2007.5.18受付)